

## ПРИМЕНЕНИЕ ИПХТ ДЛЯ ИММОБИЛИЗАЦИИ ВАО ПОСЛЕ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОЯТ

Карелин В.А.<sup>1,a</sup>, Тихонов М.А.<sup>1,b</sup>, Шутова С.К.<sup>1,c</sup>, Карелина Н.В.<sup>2,d</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

<sup>2</sup>Санкт-Петербургский Горный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>a</sup>vakarelin@tpu.ru, <sup>b</sup>imax927@gmail.com, <sup>c</sup>sofisnake@outlook.com, <sup>d</sup>nvkarelina@yandex.ru

В процессе экстракционной переработки ОЯТ реактора на тепловых нейтронах с выгоранием 33 ГВт·сут/т после выдержки топлива в течение 1 года на 1 т ОЯТ образуется: 0,4 т оболочек и конструктивных элементов ТВС с активностью  $\sim 1,7 \cdot 10^4$  Ки; 20-1200 л концентратов жидких высокоактивных отходов (ВАО) с активностью  $\sim 10^4$  Ки; газовых отходов, содержащих  $\sim 1$  % первоначальной активности топлива;  $\sim 60$  м<sup>3</sup> низко- и среднеактивных отходов, содержащих  $\sim 1$  % радиоактивных элементов [1, 2].

Наибольшую сложность представляет утилизация жидких ВАО. На действующих в настоящее время производствах по переработке жидкие ВАО выдерживают в течение определенного периода времени в специальных охлаждаемых емкостях, упаривают до образования осадка солей нитратов, проводят денитрацию, сушку, прокаливание с образованием кальцината, плавление с использованием стеклофритты в керамических плавителях. Полученный расплав охлаждают и отжигают для снятия внутренних напряжений в полученном продукте. Основным недостатком вышеописанной технологии – выход из строя нагревателей керамических печей остекловывания и невозможность их ремонта из-за высокой активности перерабатываемого продукта.

Для устранения этого недостатка предложено использовать принципиально новый индукционный метод нагревания предварительного полученного осадка нитратов ВАО с применением индукционного плавителя с холодным тиглем (ИПХТ). Использование такого аппарата позволяет вести процесс в широком температурном интервале (до 2000 °С) и получать материалы различного химического состава. Особенностью плавителя является образование между расплавом и водоохлаждаемой стенкой слоя частично расплавленной шихты (гарниссажа), что защищает конструкцию от коррозионного воздействия расплава. Активный гидродинамический режим за счет интенсивного конвективного перемешивания обеспечивает быструю гомогенизацию расплава и высокую производительность процесса. Производительность установки (по остеклованному продукту) составила 3100 кг (м<sup>2</sup>/сут), а удельные энергозатраты – 8-9 кВт·ч/кг. Показано, что в процессе ИПХТ возрастает производительность и падают энергозатраты, если процесс проводят в тигле большого диаметра.

Состав отходящих из установки газов: NO и NO<sub>2</sub> – до 3000 мг/м<sup>3</sup>, CO – до 50 мг/м<sup>3</sup>, HCl – 262 (26,2-846) мг/м<sup>3</sup>, F – 1,32 (0,67-3,44) мг/м<sup>3</sup>, SO<sub>2</sub> - 132 (25-271) мг/м<sup>3</sup>. Потери Cs<sub>2</sub>O не превышали 30-60 % мас.

В результате выполненных исследований показано, что эффективность ИПХТ осадка нитратов ВАО с большой долей алюминия и железа падает как при увеличении концентрации воды в шламе от 50 до 70 % мас., так и при повышении содержания имитатора высокоактивных отходов в стеклопродукте от 50 до 65 % мас. и более. В продуктах с более 60 % мас. осадка нитратов ВАО появляется нефелин, хотя химическая устойчивость стеклопродукта остается высокой. Поэтому в стеклопродукте рекомендуется ограничить содержание осадка нитратов ВАО до 55-60 % мас. При содержании влаги не более 50 % мас. в загружаемом в ИПХТ шламе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Землянухи В.И., Ильенко Е.И., Кондратьев А.Н. и др. Радиохимическая переработка ядерного топлива АЭС. – М., Энергоатомиздат, 1983. – 232 с.
2. Bericht uber das in der Bundesrepublik Deutschland geplante Enstorgungszentrum fur ausgediente Brennelemente aus Kernkraftwerken. – Hannover: DGWK 1977. – 308 S.